

STACK
ANNEX

5
025
504

A



UC SOUTHERN REGIONAL LIBRARY FACULTY

00000934760

Ex Libris

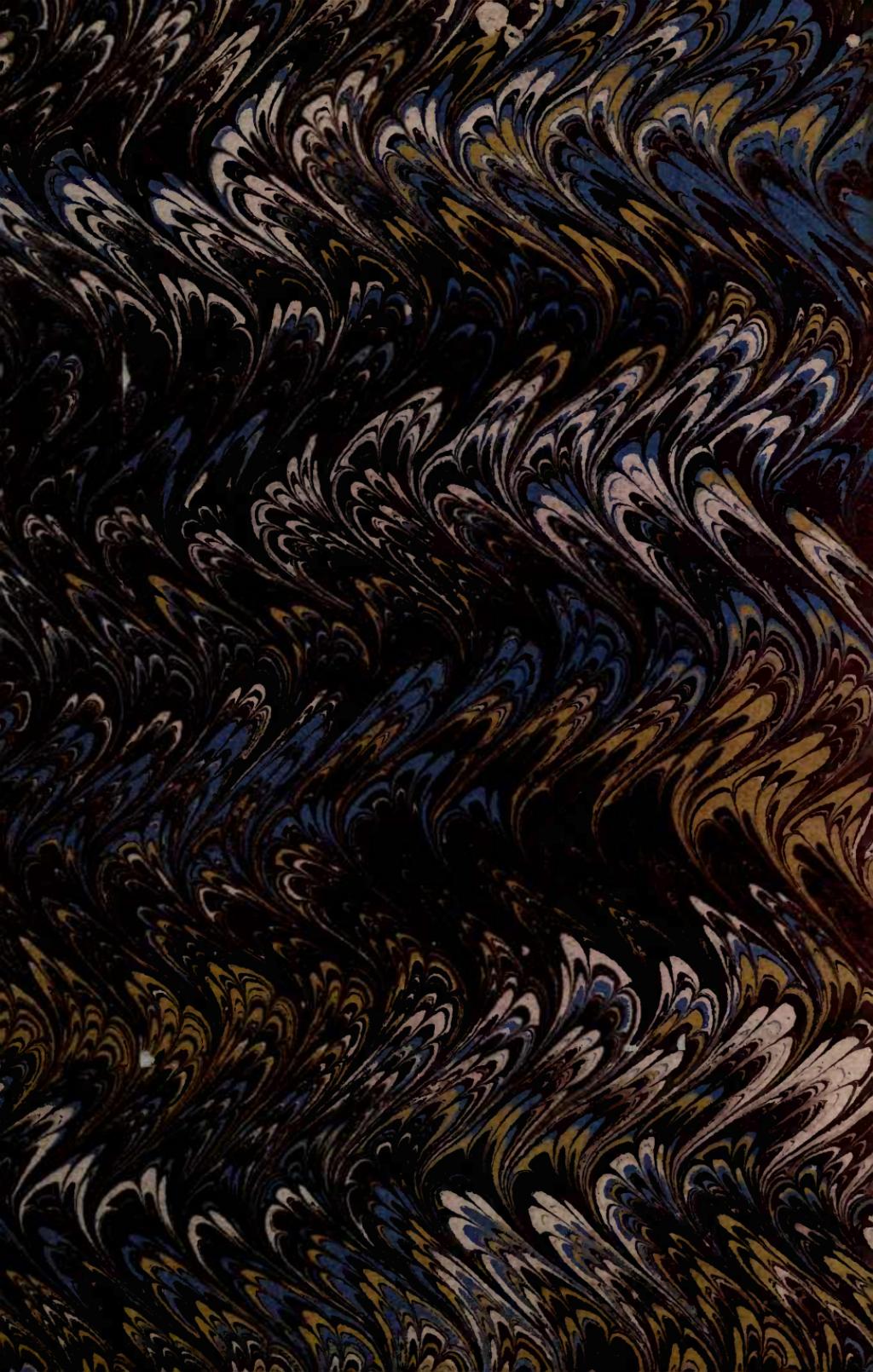
C. K. OGDEN



SIR DAVID SALOMONS BART.

BROOMHILL,

TUNBRIDGE WELLS.



4490 SMITH (W.) A RÉSUMÉ OF THE EARLIER DAYS OF
ELECTRIC TELEGRAPHY. *Hayman, London. 1881.*
Brown half calf, marbled edges. 8vo. 1 vol.
(37.B.2.)

A RÉSUMÉ
OF THE
EARLIER DAYS
OF
ELECTRIC TELEGRAPHY.
BY
WILLOUGHBY SMITH.

READ AT THE EXTRAORDINARY GENERAL MEETING OF THE SOCIETY OF TELEGRAPH
ENGINEERS AND OF ELECTRICIANS, HELD IN PARIS DURING THE
"EXPOSITION INTERNATIONALE D'ELECTRICITÉ," SEPTEMBER 21ST, 1881.

HAYMAN BROTHERS AND LILLY,
PRINTERS,
PATTON HOUSE, FARRINGDON ROAD,
LONDON, E.C.

A RÉSUMÉ OF THE EARLIER DAYS OF ELECTRIC TELEGRAPHY.

BY WILLOUGHBY SMITH.

Read at the Extraordinary General Meeting of the Society of Telegraph Engineers and of Electricians, held in Paris during the Exposition Internationale d'Électricité, September 21st, 1881.

WHEN it was finally settled that we should hold an Extraordinary General Meeting in Paris on the occasion of the Exposition Internationale d'Électricité, it occurred to me that it would be a fitting time, whilst in the midst of such a wonderful collection of electrical appliances gathered under one roof, for us to pause, look back, and contemplate, for the mutual instruction of all who chose to avail themselves of the opportunity, the way in which such great and successful results have been achieved. Consequently my purpose in this necessarily short paper is to pass in brief review some of the most important incidents, many of which have come under my own personal experience, in connection with the earlier days of Electric Telegraphy. Of all the modern applications of electricity, one of the most important is its adaptation to telegraphic purposes.

No account of a practical electric telegraph had been published prior to the date of Messrs. Cook and Wheatstone's patent of June, 1837. I say practical because Ronalds, as early as 1823, published a description of an electrical telegraph of originality and merit; but as he proposed to use static electricity in connection with a wire enclosed in a glass tube, his telegraph was not adapted for practical use.

In the September following the date of their patent, Messrs. Cook and Wheatstone made their first practical experiment on the London and Birmingham Railway, and demonstrated beyond all doubt that as beacon fires and torches had been superseded in 1792 by the aërial or semaphore telegraph, so now the latter would have to succumb to a far more important rival. But incredible as it may appear at the present time, the contest was long and fierce, and not until 1852 did the final defeat arrive, as far as England was concerned, when the Electrical Telegraph superseded the Semaphore which had so long done duty between Liverpool and Holyhead.

On June 12th, 1837, Messrs. Cook and Wheatstone patented "improvements in giving signals and sounding alarms in distant places by means of electrical currents transmitted through metallic circuits." This patent included the five-needle instrument requiring five-line wires; a four-needle instrument on the same principle, also requiring five-line wires; methods of insulating and supporting the line wires by covering them with cotton and varnish and placing them in a resinous cement, in troughs or tubes; and also methods for localizing faults in the same.

On April 18th, 1838, Mr. Cook obtained a patent, the title of which was precisely the same as the first patent, and contained no additional matter worthy of note.

On the 21st January, 1840, Messrs. Wheatstone and Cook obtained a patent, the title of which was similar to the two already mentioned, and in it are described a signal apparatus by which the letters of the alphabet are presented at an opening in a dial-plate by means of an electro-magnet in the circuit, which acts upon the pallets of an escapement put in motion by an independent clock-work; an electric alarm; a magneto-electric machine to be used in connection with the apparatus above described, &c.

On the 8th September, 1842, Mr. Cook obtained a patent for stretching, suspending, and insulating wires on posts erected at suitable distances in the manner now so familiar to all of us both across the country, and parallel with railways. This patent also mentions that "the wires so stretched, suspended, and insulated, may be used for one half the circuit, in conjunction with the earth for the other half."

On the 6th May, 1845, Messrs. Wheatstone and Cook secured a patent for "Improvements in Electrical Telegraphs, and in apparatus relating thereto, part of which improvements are applicable to other purposes." In this patent it is proposed to give audible signals at the same time that visible signals are made by a needle or pointer, a distinct and different sound being given for each direction or deflection of the pointer. This was to be done by either the pointer itself striking a bell, or by alarm mechanism. Also by using the "derived current," a short branch circuit, or what we should now term a shunt, taken from the main wire without disturbing its continuity, to communicate to a sensitive signal apparatus, the signals passing through the main wire. This patent includes eleven other suggestions or improvements, which I think we need not stop to investigate.

Who really invented the Electric Telegraph is a problem as impossible to solve definitely, as who invented Railways or steam navigation. I therefore mention these patents simply because soon after the date of the last named, the first Electric Telegraph Company in England was formed for the purpose of working them; more for the general use of the public than Messrs. Cook and Wheatstone had hitherto done, they having principally confined their attention to applying the telegraph to the use of Railway Companies as an adjunct to their several systems of signalling.

Although one could loiter and note many points of

interest which occurred in the history of Electric Telegraphy from its commencement in 1845 to 1850, I fear time will not allow of our doing so; let us therefore pass to the year 1850, and observe what progress had been made to that date. In England the "Electric Telegraph Company" had extended their wires to 2,215 miles, and were using double and single needle instruments, an important modification of the five and four needle instruments patented by Messrs. Cook and Wheatstone in 1837. In Ireland they had not yet realized the value of the Electric Telegraph, for although they had 500 miles of Railway, they had not 5 miles of telegraph wire. But in America they had 12,000 miles of wire, and were using the Morse, Bain, and House instruments, all on the permanent recording principle. The only reasons I can assign for the more rapid progress which had been made in America, are their low charges and rivalry resulting from competition, as there were no less than twenty different Companies at work, who did not confine their lines to the Railways, but erected them on public roads or private property as occasion required; whilst in England one Company had the monopoly, and erected their wires on the property of the Railway Companies only; but as there were 5,447 miles of railway open at the time, their powers of extension were not limited in that direction. In France there were only 620 miles of wire in operation, suspended similarly to those in England, the instruments used being what were termed revolving pointers. In Prussia they had 2,468 miles of wire, mostly subterranean, and similar instruments were used to those worked by the French Government.

In America they were also at this date employing the Electric Telegraph in their Meteorological observations, and had commenced a system of storm warnings along many parts of their coast, similar to that we

are now so familiar with in England. It has been said that to predict an eclipse is an object merely of curiosity, but to predict an approaching storm would be of inconceivable benefit. It is true we have a considerable acquaintance with the nature of heat, water, air and electricity; but when these four ingredients of nature, in a compounded state, are floating round our globe, and producing all those various agitations and combinations known under the general denomination of "weather," we are puzzled and perplexed, and although Electric Telegraphy has done much to enlighten us, still there is much more to be learnt. No doubt if the information which is being daily recorded by patient observers in all parts of the civilized world were readily and quickly communicated to one centre, great advancement in our Meteorological knowledge would soon follow, and I hope the day is not far distant when such a system will be an accomplished fact.

Electric Telegraphy having made such satisfactory progress, it became absolutely necessary that England (the island centre of the commerce of the world) should no longer remain in her isolated position, but be put into direct telegraphic communication with other nations. Consequently, in 1850, a Company was formed in connection with the concession just obtained from the French Government by Mr. Brett for the sole right to establish telegraphic communication between England and France. Mr. Brett had guaranteed that with his instrument, which was a modification of House's step-by-step motion pointer, one wire, and two persons only, the one stationed in France and the other in England, one hundred messages of fifteen words each, printed in clear Roman type, should be sent ready for delivery in one hundred consecutive minutes. That was a bold undertaking on the part of Mr. Brett, considering the various opinions held in those days as to the practic-

ability of ever being able to either lay or work a submarine line.

It was arranged that 25 miles of copper wire .083 of an inch diameter should be covered with gutta percha (at that time a material of comparatively recent importation, the mechanical and electrical properties of which were just developing themselves) to half-an-inch in diameter. The copper was unannealed, and covered to the full gauge in one covering of gutta percha, in one hundred yard lengths. The copper was joined by what is termed a bell-hanger's twist, and then further secured with soft solder. Gutta percha in a plastic state was then applied and pressed into shape in a wooden mould, the diameter of the finished joint being about 2 inches. Of course in those days the joints were not tested separately, nor was any notice taken of the resistance or conductivity of the copper, or the resistance or electrostatic capacity of the gutta percha. The coils, when joined into suitable lengths for carriage, were simply immersed in water, at no specific temperature, and if no serious deflection was obtained on a very sluggish vertical Galvanometer from 24 cells of the old form of sand battery, they were pronounced good, and joined to the length which was being coiled on to a large iron reel constructed to hold the 25 miles in one continuous length. This drum or reel was placed amidships on the deck of a steam tug. Owing to the great number and size of the joints, to place the wire on the reel with the required uniformity the inequalities were filled in with cotton waste, and when thought necessary thin wooden laths were laid longitudinally the whole length of the reel, between the layers of the wire.

Previous to the submersion of the main wire the shore ends were laid, one from a horse-box, which was to serve as the shore station, in the yard of the Railway Company at Dover, to the far end of the staging erected

in connection with the new harbour which was then being constructed. The other was laid a considerable distance beyond low water mark, over the rocks into the lighthouse on Cape Grisnez. These shore ends consisted of a copper wire .065 diameter covered only with cotton and a solution of India-rubber, and enclosed in a very thick tube of lead. Early on the morning of the 23rd August, 1850, the tug steamed out of Dover Harbour to the end of the shore length. The end of the main wire was then passed into a boat where it was joined to the shore end and the laying of the main wire was commenced, H.M.S. *Widgeon* leading the way. As every 110 yards left the tug a leaden weight was attached to the wire, varying from 14 to 24 lbs., according to the depth of water or nature of the bottom. At first it was attempted to fix the weights without easing the speed of the tug or the egress of the wire, but as each weight was in two halves, and had to be placed on the wire, and then fastened by hammering the two studs of the bottom half which came through corresponding holes in the top half, it was soon found that the two men so employed struck each other more often than they did the desired object, consequently it was found necessary to stop the vessel while each weight was being attached. The weather was all that could have been desired, and with the exception of the confusion caused at times by the lashing effect of the wooden laths as they became partially released from the drum, all went well, and at six the same evening the anchor was dropped from the steam-tug close under the inhospitable-looking shore of Cape Grisnez, and at the position of the buoy attached to the shore end. The end of the main wire was then passed into the cabin, where it was connected to the printing instrument. But it was soon apparent that either the orthography of the sender at Dover was very far from correct, or that the instrument was not working

as it was contemplated it would. Letters in "bold Roman type" were certainly received, but it required great ingenuity to arrange them in their proper order. As the evening was fast approaching, too much time could not be given to the experiments on board, consequently the end of the main wire had to be passed into a boat in which the shore end had previously been secured; there the splice was made and then passed overboard with the sincere wish that the communication that evening effected between England and France might serve to still further establish the two nations in unity and love. All then landed and made the best of their way to the lighthouse on the top of Cape Grisnez, where a single-needle instrument was placed in circuit with Dover, but although many anxious hours were passed in endeavouring to get signals from Dover, none came. The trials of the next day were equally unsuccessful, and then it became apparent that the line must have broken down; and as all the attempts made to lift the wire at or near the splice failed, the line was eventually abandoned. Had the main wire been used instead of the heavy lead-covered shore end, I believe better results would have followed. But criticism can now only be made through the light of experience, which would not be just. Let us rather award all honour to those gentlemen who devoted their money, time, and energy to a practical demonstration of the feasibility of Submarine Telegraphy. From that moment it became simply a question as to the best way to protect the conductor and its insulator during the laying and after submersion.

After careful consideration, it was, in 1851, finally agreed that instead of one wire of the size used in the experimental line of the previous year, four copper wires .065 diameter covered separately with two coverings of gutta percha to .25 inch diameter should be twisted

together and well-protected with thick iron wires laid spirally around them. Yarns saturated with tar were laid in the interstices of the twisted conductors, and designated the "wounding," and the whole covered with similar yarns laid on at right angles and designated the "serving." Twisting the gutta percha wires, the wounding, and the serving, were all done at one operation in one machine, and the wire, thus covered, was designated the "core." The whole was then passed through the lay-plate of an ordinary wire rope twisting machine, where ten galvanized iron wires .25 diameter were laid round it, and as it passed from the machine it was coiled in the factory yard. The copper conductors were insulated by the Gutta Percha Co., and forwarded in suitable lengths to a small wire-rope manufactory in High Street, Wapping, where it was twisted, wounding, served, and covered with iron wires as described. Owing to litigation as to patent rights, the manufacture of the cable was seriously delayed and not finally completed until the 17th September, 1851. Preparations were at once made to coil the cable in one length on board the *Blazer*, a hulk lent by H.M. Government, and on the 24th September all was coiled, and the *Blazer*, in charge of two steam-tugs started for the South Foreland, where on the following day one end of the cable was landed and the laying commenced, H.M.S. *Fearless* showing the course, and the *Blazer* being towed by two tugs with a third tug in attendance. To enumerate the many exciting incidents which occurred on board the *Blazer* that day would occupy too much of our time. Owing to the unfortunate delays during the manufacture of the cable, the laying was obliged to be undertaken, to save the concession, during the prevalence of equinoctial gales and the period of the strongest tides. Although the weather was fine at starting, it soon changed, and before noon it was blowing a gale, and

the *Blazer*, helpless old hulk as she was, rolled and pitched most unmercifully. The contrivances employed to retard the egress of such a heavy cable were insufficient, consequently during the two stoppages which occurred,—one, when from some cause on shore there was a total cessation of signals, and the other from the breaking of the tow-rope,—much cable was wasted, and eventually the expedition arrived off Sangatte late in the evening with insufficient cable to reach the shore. Never had there been such a continuous struggle between mind and matter as there had been the whole of that eventful day, and it was to be regretted that matter for the time gained the victory. But nothing daunted, a sufficient length of cable to reach the shore was at once ordered ; and in the meantime three wires were twisted together, and, without any protection, laid to the beach, and there connected to the wires already laid to a room at the railway station at Calais. Thus on the 30th September, 1851 (or within a few days of thirty years ago), was telegraphic communication established between England and France. On the 19th October the additional length of new cable replaced the three wires, and on the 13th November the cable was first used for the transmission of public messages, and with slight interruptions has continued to do so to the present time.

The possibility of submarine telegraphy having been so satisfactorily demonstrated, it was but natural that many and various schemes should have been immediately devised for its further development. But, unfortunately, owing to the great haste and total disregard of even ordinary precautions, some of the schemes proved lamentable failures. For instance, in the June of the following year an attempt was made to connect England and Ireland by means of a line from Holyhead to Howth. In this instance one gutta percha covered copper wire, similar to those in the Dover and Calais cable, was

covered with No. 8 iron wire for shore ends, then with twelve No. 14 iron wires for a few miles, but the greater portion of the core was only partially covered, bird-cage fashion, with six No. 14 galvanised iron wires, consequently through the core having no serving or hemp covering, the gutta percha was much exposed. When completed it was coiled on trucks and taken by railway to Whitehaven; but, as the steamer which was to receive it could not enter the harbour there, it had to be re-coiled and forwarded to Maryport, where it was coiled on board a paddle steamer and taken to Holyhead. There it was electrically tested for the first time, and found to be faulty. As it had never been immersed in water, and was then perfectly dry in the holds of the steamer, of course only faults of a very serious character could be detected and rectified, which was done at the cost of much time and trouble. Had it been covered with water, its imperfect electrical condition would have been discovered, and most likely it would not have been laid at all. All attempts to repair this line after it was laid proved fruitless, for the simple reason that the necessary strain to lift it drew the iron wires together, cutting through the gutta percha as they forced the core from the centre.

Later in the same year an attempt was made to lay from Portpatrick to Donaghadee a three-strand hemp rope about two inches in diameter, in the interstices of which was laid a copper wire which had first been covered with india rubber, and then with gutta percha. But, owing to the inadequate means provided for sinking such a rope, the strong currents carried it far from the proposed course, and eventually the attempt was abandoned.

Later still in the same year another attempt was made between the same points, with a cable similar in construction to that laid in the previous year across the English Channel, but owing to unfavorable weather and

inadequate means for stopping, or even retarding, the egress of such a heavy cable, the length provided proved too short, and eventually this expedition returned also unsuccessful. Thus had three cables been lost in attempting to electrically connect England and Ireland, but in the following year a heavy multiple cable was successfully laid from Portpatrick to Donaghadee. Four light cables were also laid in that year between England and Holland, and a heavy multiple one between Dover and Ostend.

The year 1853 was also notable for the large amount of subterranean wires laid in England by several of the then existing Telegraph Companies; but as I went somewhat into detail on that subject in my paper on "Under-ground Wires," which I read before the members of this Society on the 28th March, 1877, and which was published in Vol. VI. of the Journal of the Society's proceedings, it is unnecessary for us to go over the same ground again.

From 1851 to 1856 there had been successfully laid, not in connection with England only, but in various parts of the world, about 1600 miles of cable, and it was thought that sufficient experience had been obtained to bring to a successful issue the long-cherished scheme of laying a cable from Ireland to Newfoundland, and thus bring America into direct telegraphic communication with England. Soundings were taken, and it was asserted that although rough and jagged rocks did project high above the bottom, still there was a level plateau, or smooth path, between the two islands, as though nature, anticipating the wants of man, had prepared a resting place for telegraph cables, where, if properly placed, they would lie in perfect peace, and where the ooze, which it was alleged was constantly descending through the water, resembling the fall of snow through our atmosphere, would effectually cover and protect the cable to the end of time.

Experiments were made with long lengths of submarine and subterranean wires, and the results stated to be highly promising as to a remunerative speed being obtained through an Atlantic cable 2000 miles in length, using a comparatively small conductor. The mechanical properties of various specimens of what were considered suitable cables were fully tested, and finally the choice fell on one in which the conductor consisted of a seven wire strand of copper, weighing 107 lbs. per knot, trebly covered with gutta percha, the weight of which was 261 lbs. per knot, the external diameter being $\frac{3}{8}$ of an inch. Around the gutta percha were spirally laid hemp yarns saturated with a composition of tar, pitch, and tallow, over which were also spirally laid eighteen iron wire strands, each strand being composed of seven wires of the same diameter as those used in the conductor. The weight in air of the completed cable was 20 cwt., and in water 13·4 cwt. per knot, its breaking-strain being about 3·25 tons. The final selection of this cable was not made until late in the year 1856, and as it was stipulated that 2500 miles must be shipped and ready for laying in the June of the following year, it allowed only six months for all the work to be done. In that short space of time 116 tons of copper had to be prepared and drawn into 17,500 miles of wire, which had to be twisted into 2500 miles of strand; 250 tons of gutta percha had to be what is termed "manufactured," and placed around the conductor in three separate coverings; 1687 tons of charcoal iron had to be specially prepared and drawn into 315,000 miles of wire, from which 45,000 miles of strand had to be twisted, and then laid around the core. Add to all this the fact that ships had to be selected and got ready to receive the cable, machines both for manufacturing and laying had to be constructed, and no surprise need be expressed that experience soon taught that so short a time was totally inadequate for

such an important work to be executed in a proper and efficient manner.

Lengths of the core varying from 1600 to 2400 yards were immersed in water at no fixed temperature, and there tested for insulation with 504 cells of the old form of sand battery, and a horizontal galvanometer. If the deflections of the coils of each batch were constantly uniform, their electrical condition was certified, and each coil, wound on a wooden reel, was forwarded to the cable factory.

Soon after the commencement of the manufacture of the cable, frequent want of continuity in the conductor occurred through imperfections in the copper, from improper annealing and other causes. Unfortunately several hundred miles of the core were manufactured before the machines were ready to cover the same with the serving and iron strands; the fatal edict therefore went forth that all the core in stock should be submitted to tensile strain as it passed over a barrel of small diameter, to develop, if possible, any defects in the conductor before it passed the wire-covering machine. Now when a wire or strand of copper covered with gutta percha is stretched, the metal becomes permanently elongated and holds the elastic material in that position until a favourable opportunity occurs for the gutta percha to return to its normal state, distorting the wire in so doing. Unfortunately it was not long before such an opportunity occurred; the cable as manufactured was coiled, not in tanks where it could be kept under water, but where it was exposed to the powerful effects of the sun's rays. The consequence was that the gutta percha became plastic in parts, and the conductor, being forced out, came into direct contact with the serving, which, being dry, acted the part of an insulator, and thus prevented detection while the cable was in a dry state. It was to be regretted that the manufacture of the cable was too

far advanced for advantage to be taken of Sir William Thomson's discovery of the great variation in the electrical conductivity of commercial copper, especially in that then being used for the conductor of the Atlantic cable. The importance of that discovery has since been fully realised, not only in every branch of electrical science, but by also enabling a purer copper to be obtained, for whatever purpose required; for, as is now generally known, the higher its electrical conductivity the purer the copper.

It was not until the 5th of August that one end of the cable was landed at Valentia and the laying of the cable commenced; but soon after starting, difficulties began to manifest themselves, and when 335 miles were laid the cable broke just astern of the paying-out machine, and the expedition was abandoned for that year. The remaining portion of the cable was coiled in the dockyard at Plymouth, where it was overhauled, but not immersed, and passed through a hot insulating mixture, then spliced to 700 miles of new cable, making the total length about 3000 miles.

In the following June, the cable having been re-coiled, half on board the *Niagara* and half on board the *Agamemnon*, various experiments were made in the Bay of Biscay, the results of which were considered satisfactory to the proposal of splicing the cable in mid-ocean and both ships paying out cable at the same time, one towards Ireland and the other towards Newfoundland. On the 26th of June the splice was made in mid-ocean, but after paying out three miles from each ship the cable broke at the stern of the *Niagara*. The ships at once returned to their former positions and re-spliced, but when about forty miles had been laid from each ship a total cessation of signals occurred, and those on board each ship supposing an accident had happened on the other (an incident which shows one of the disad-

vantages of this mode of laying cables) they each returned to the position where the splice had been made, and on meeting anxiously inquired one of the other, "How did the cable part?" The cause of rupture this time proved to be a profound mystery, for all was proceeding satisfactorily on both ships when the apparent want of continuity occurred. The cable was again spliced, and about 200 miles laid when it broke close to the stern of the *Agamemnon*, and the ships returned to Ireland.

On the 29th July they returned again to mid-ocean and spliced the cable there once more, but, had not proceeded far in paying out before there was reported a want of continuity. Fortunately they continued to pay out slowly from both ships, and after two hours' anxious suspense the signals reappeared as mysteriously as they had previously disappeared. Such incidents frequently occurred again, but no actual rupture took place, and on the 5th August each ship had completed its task, the *Niagara* having laid 1030, and the *Agamemnon* 1020 knots. It was true the cable was laid, but its electrical state must have been in a most deplorable condition, for nothing but what was analogous to brute force could produce spasmodic, emaciated shadows of the intended signals, and in twenty-four days it was unable to produce those results, the whole being pronounced a failure. It was a failure in one sense of the term, but it should not be forgotten that much valuable experience had been obtained, and that the problem was solved as to the feasibility of laying and working an Atlantic cable.

About this period, time began to develop the fact that the system of using such a strong solvent of gutta percha as coal-tar naphtha between each separate covering, with a view to causing more perfect adhesion, had very prejudicial effects on the gutta percha, consequently I began to experiment with a view to obtaining an adhesive solution or compound which would in no way injuriously

affect the gutta percha, and soon found that suitable proportions of Stockholm tar, resin, and gutta percha produced a compound suitable for the purpose. Not only did this compound possess good adhesive qualities, but it was also a good insulator, and when applied between each alternate covering of gutta percha, improved the insulation three-fold. This compound has done and is still doing good service, and its qualities are so well known that no further notice need be taken of it here.

It was about this time a cause for surprise and regret that the English government should have financially connected itself with such a gigantic scheme as that of laying a cable from Egypt to India while the success or failure of the Atlantic cable was still in the balance. Had they awaited the result of the Atlantic expedition perhaps the lamentable failure which so soon followed might have been avoided. The cable of the Red Sea and Indian Telegraph Co. consisted of a core containing 180 lbs. of copper, in the form of a seven wire strand doubly covered with 212 lbs. of gutta percha per mile; served with tarred yarns covered with eighteen iron wires. The gross weight per knot was about twenty-one cwt. It was laid in six sections, from Suez to Kurrachee. To give the history of the manufacture, laying, and ultimate failure in working would only be to repeat, with unsatisfactory additions, what has already been said concerning the Atlantic cable. Suffice it to say that the 4000 miles were manufactured and laid by the contractor in the short space of fifteen months, and during the same time the same contractor was experimenting in laying hemp-covered cables in the Levant, where about 800 miles were lost.

These serious failures, including as they did the loss of about 8000 miles of cable, in so short a time, naturally suggested a thorough investigation of the whole matter; therefore a joint-committee appointed by the Lords of the Committee of Privy Council for Trade and the

Atlantic Telegraph Co., was formed to inquire into the construction of submarine cables; and I believe the arduous labours of that committee did much for the ultimate success of submarine telegraphy.

In June, 1859, the English government ordered 1200 nautical miles of cable to be laid between Falmouth and Gibraltar. Engineers and electricians were appointed to inspect the manufacture of this cable. The core consisted of equal weights of a seven-wire copper strand trebly-covered with gutta percha and compound, weighing altogether 800 lbs. per mile. This core was covered with tarred yarns and solid iron wires in the ordinary way. Instruments were practically employed for measuring the electrical qualities of the copper and gutta percha at a uniform temperature, and the results were recorded in electrical units. That is to say, the specific resistance of the copper and gutta percha was so noted that the measurements would be comparable with the results obtained during manufacture and after submersion. The core in suitable lengths was submitted to a pressure of 600 lbs. to the square inch, and it was invariably found that the resistance of the gutta percha increased when so circumstanced. The gutta percha on one of the coils having been by accident pierced through to the conductor while placing it in the pressure tank, it was found that the water was forced along the strand and out of the ends which were brought through stuffing-boxes for testing purposes. To obviate this in future, I had the centre wire of the strand passed through the compound before the other six wires were laid around it. This had the desired effect, as water at a pressure of 1000 lbs. per square inch could not be forced through six inches of a core containing a strand so constructed. This cable was also coiled into watertanks as manufactured; but the ships engaged to lay it were not fitted with tanks, consequently soon after shipment of the first

section an increase in the resistance of the conductor denoted an increase in the temperature of the cable, which was found to arise from fermentation, but whether caused by the hemp serving or the oxidation of the iron, opinions differed. By thermo-electric measurements the temperature varied from 84 to 62° Fahr. in different parts of the same coil, while the extreme temperature kept uniform at 60°. It was thought that the high temperature might have permanently injured the gutta percha, but a length of core taken from the hottest part showed no signs of deterioration.

Owing to the delay of the ships the season was too far advanced to lay it where first intended; it was therefore arranged to lay it between Rangoon and Singapore. But the ship carrying the first portion came to grief in the English Channel, and eventually it was laid in three sections between Malta and Alexandria, where, owing to the shallowness of the water in which parts of it were laid, and the light character of its construction, it was frequently out of order, and had to be superseded by a cable which was laid direct from Malta to Alexandria in 1868.

In December, 1860, I first called attention to the fact that mechanical injuries to the core of a cable, from accident or otherwise, were often concealed by the insulating properties of the tarred serving, and that according to the nature of the fault and the amount of tar so was the period of the concealment—a fact sufficient to account for the failure of insulation of so many cables after they had been laid in apparently perfect condition. To obviate this I advised that the serving should be saturated with a conducting instead of an insulating preservative fluid, and that the core should be always kept in water and passed direct from the same to the iron-covering machine, where the presence of the wires at the lay plate would compress the serving, and force

the fluid into any defect in the gutta percha, and immediately develop the same. The suggestion was readily adopted, and soon proved effective; since then tarred serving has been the exception, not the rule.

On the completion of the first Malta and Alexandria cable, the Government ordered one to be laid in the Persian Gulf; but before deciding on the form of cable, a great many experiments were made, especially on the electrical and mechanical properties of various cores consisting of gutta percha or india-rubber, pure and simple, or compounded with other substances. Eventually the one selected was to consist of a segmental copper wire, weighing 225 lbs. per knot, insulated by four coverings of gutta percha, with the compound already referred to applied in the ordinary way, weighing 275 lbs. per knot, the total weight of the core being 500 lbs. per knot. A strand and solid wire, of the same copper and of equal weights, under the same conditions, conduct precisely the same; but in lateral induction there would be a slight disadvantage in using a strand, and it was therefore to obtain the mechanical advantages of the strand and the electrical advantages of a solid that a segmental wire was proposed, which was constructed of four copper wires, each forming the segment of a circle, drawn into one copper tube; but the mechanical difficulties in the manufacture were so great that it was abandoned for a solid wire before the completion of the cable. The electrical qualities of the core were tested in suitable lengths at a uniform temperature of 75° Fahr., while under a pressure of twenty atmospheres per square inch, and the electrical resistance of the gutta percha invariably increased about 40% under such conditions; but returned to its normal resistance when the pressure was removed.

The now well-known accumulation method was for the first time applied to test the joints in this core. The serving was saturated with tan water instead of tar,

tallow, etc., as heretofore used, and the served core was coiled in watertanks. Twelve iron wires of the required diameter to envelop the serving when laid helically around it were then covered with two layers of yarns wound in opposite directions.

A hot bituminous compound, composed of Stockholm tar, ground silica, and pitch, was applied with each covering of yarn; the whole passing through powerful compressed grooved rollers, which gave it a smooth black surface. As manufactured it was coiled into water-tight tanks, and under the same conditions the 1450 knots were transported in four sailing vessels and laid in four sections between Kurrachee and Faa, the intermediate stations being Gwadir, Mussendom, and Bushire. The very satisfactory results on the completion of this cable certainly compensated for the great amount of care and attention which had been bestowed on its selection, manufacture, and laying.

During the time occupied in the manufacture and laying of the last mentioned cable two attempts to lay specially constructed cables were made in the Mediterranean. It had been proved, by a series of well conducted experiments, that if hemp yarns were placed around an iron or steel wire at a certain angle, and in certain proportions, the breaking strain of the two would be greater than the sum of their separate breaking strains; consequently an ordinary gutta percha core was surrounded with wires so covered with hemp to be laid between Toulon and Algiers, but owing to the "springy" character of the cable, and the incompleteness of the paying-out arrangements, the cable broke while being laid, and having to manufacture new cable to replace the portion lost, it took twelve months to complete the undertaking. The other experiment was with 130 knots of an ordinary gutta percha core, covered with yarns saturated with a conducting fluid, put on at a uniform

tension, with a slight twist, and then covered with a continuous tubular metallic casing, which was applied by winding a flat ribbon of copper in a helical direction around it in such a manner that the edge of each convolution overlapped that of the preceding one. The whole length was coiled round a cone on a revolving disc, or turn-table, fixed in the hold of a steamer, and attempts were made to submerge it between Oran and Carthagena, but its construction proved totally unsuited for the purpose, as did also the arrangements of the revolving disc or table, and the expedition was abandoned after having lost about half the cable.

Notwithstanding these and other failures, sufficient had been successfully accomplished to warrant another attempt to connect Ireland and Newfoundland, for during the five years which had elapsed since the last attempt great improvements had been made in every branch of submarine telegraphy. It was accordingly decided to manufacture 2300 knots of cable, consisting of a core containing a seven-wire strand of copper weighing 300 lbs. per knot, covered with four coverings of gutta percha and four of compound applied alternately to a diameter of .464 and weighing 400 lbs. per knot, the total weight of the core being 700 lbs. per knot. The serving was ordinary hemp saturated with tan liquor. The external protection consisted of ten solid iron wires, each surrounded separately with Manilla yarns covered with a preservative compound of tar, India-rubber, and pitch. The whole cable was coiled in three separate tanks on board that marvellous conception of Brunel, the *Great Eastern*, and the expedition started in the summer of 1865. From the extraordinary care, even to the minutest detail, bestowed on all connected with this cable, it was believed that success would be the reward; but during the manufacture, coiling on board, and the laying, faults occurred in the insulation which, when found, suggested

the horrible thought that the hands of some evil-disposed person or persons had been at work, as there was the undeniable fact that some blunt instrument had been forced between the wires of the outer covering, through the gutta percha to the conductor, and then withdrawn. One such fault occurred when seventy-nine knots had been laid, and ten knots had to be picked up to remove the same. Another similar fault developed itself when 750 knots had been submerged, and three knots had to be picked up from 2050 fathoms to remove it. Another fault appeared in 2200 fathoms, when 1214 knots had been successfully laid; but this was never found, for after picking up three knots the cable parted, and the end of the sea portion was lost. After various unsuccessful attempts to recover it the expedition returned home, the season being too far advanced to allow of any further attempts being made that year.

It was generally admitted that had not those mysterious faults occurred in the way and at the time they did, there would have been no difficulty in successfully laying the cable; and therefore it was decided that 1600 knots of new cable should be manufactured, and in the following year (1866) another trial be made to connect Valentia and Newfoundland, and that then an attempt should be made to pick up the lost end of the previous year's cable, and complete the laying of that cable also. The 1600 knots of new cable differed somewhat from the former one. The iron wires were more pliable, were galvanised, and no compound used on them or their jute covering.

The core of these cables was not submitted to pressure during the electrical tests, for in no instance had pressure developed faults; but actual experiments proved that faults which would be detected under a pressure of one atmosphere, became more or less concealed according to the amount of pressure applied. The results of an

experiment with a faulty coil is given in the following table, from which you will more easily see the proportion in which the resistance increased with an increase of pressure.

1	atmosphere	=	49	megohms per knot.
17.5	„	=	51	„
35	„	=	53	„
52.5	„	=	54	„
70	„	=	55	„
87.5	„	=	57	„
105	„	=	58	„
122.5	„	=	58	„
140	„	=	63	„
157.5	„	=	64	„
175	„	=	90	„
183.5	„	=	115	„

On removal of the pressure the resistance suddenly increased to 178, then gradually began to fall, and at the end of seventeen hours had returned to its normal condition, or 49 megohms. If the pressure be allowed to decrease very gradually, it is very interesting to note the gradual increase in the resistance until the pressure is entirely removed, and then the resistance begins to decrease; but if, as stated, the pressure be suddenly removed, the resistance as suddenly increases.

Owing to the hardness of the iron wire used in the cable of 1865, its adhesive compound, and the long time it had been lying coiled in the tanks on board the *Great Eastern*, several exciting scenes occurred while submerging that portion, from the layers of cable in the tank sticking together and becoming entangled, thus causing what are technically known as "foul-flakes," but with these exceptions nothing could have progressed more favourably than did everything connected with the

work; and after fourteen days and nights of care and anxiety, all engaged had the satisfaction of knowing that their labours had been crowned with success. After necessary preparations the expedition started to recover the lost end of the 1865 cable, and after twenty days and nights' hard struggle with the elements, the end was recovered. After speaking with Valentia and ascertaining the electrical condition of the whole length to be perfect, the end was spliced to the cable on board, and paying out towards Newfoundland commenced. All proceeded well until within a few hours of completing the laying, when at six a.m., while receiving from Valentia a summary of the news from *The Times* of that morning, a sudden fault in insulation occurred. This was soon found to be on board, so the cable was cut and respliced, and to the credit of all be it recorded that in less than two hours the fault had been removed and paying out recommenced. At five p.m. the same day the laying of this cable was also successfully completed. It was fortunate that the fault of the morning had been detected before it passed out of the ship, for on careful examination it showed that one end of a broken wire in the top coil had by some means got bent at right angles and had entered the coil beneath, and the pressure caused by one of the tank men stepping on it forced the wire through the gutta percha to the conductor. As this fault was precisely of the same character, and occurred in a portion of the same cable, as those of the previous year, it was but fair to assume that they were caused in a similar way, and not maliciously, as at first supposed.

The particulars of my system for testing and working these cables, which I employed during the laying and after submersion, I gave in the paper which I read at this society's meeting on the 12th February, 1879, and which is published in the journal of our proceedings, and therefore I need not notice it further here. No

doubt the laying of the one cable, and the recovery and completion of the other, were the crowning achievements in submarine telegraphy, and gave to that branch of our science an impetus that knew no bounds until all civilised countries were connected telegraphically as one nation. At the present there are at work in all no less than 70,000 miles of submarine telegraph cables. Thirty-three years' experience has taught us that neither the electrical nor mechanical qualities of either gutta percha or copper deteriorate by long working or submersion, and also that the iron wires, when properly protected from oxidation, retain all their original qualities; consequently the best form of a submarine telegraph cable will be that in which these conditions are fulfilled.

The progress in the perfection of all instruments and appliances connected with electric telegraphy is so well shown in the Exhibition which has brought us together here that I need not refer to them now. Although I have, I fear, encroached somewhat too long upon your time, I feel sure you will in conclusion allow me to embrace this fitting opportunity of acknowledging the uniform kindness I have always experienced in this country, whenever I have visited it, upon either business or pleasure. My first visit was when I landed at Cape Grisnez on the completion of the experimental line in 1850, after an exciting day's work and eighteen hours' fasting; I have at the present time a vivid recollection of the kindness of the lighthouse keeper, who not only shared with me his frugal meal, but rendered all the assistance he could to my personal wants.

RÉSUMÉ DES
PREMIERS JOURS

DE LA

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

PAR

WILLOUGHBY SMITH.



LU À LA RÉUNION GÉNÉRALE DE LA SOCIÉTÉ D'INGÉNIEURS DE TÉLÉGRAPHE
ET D'ÉLECTRICIENS, QUI SE TENAIT À PARIS PENDANT
"L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ," LE 21 SEPTEMBRE, 1881.

RÉSUMÉ DES PREMIERS JOURS DE LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE.

PAR WILLOUGHBY SMITH.

Lu à la Réunion générale de la Société d'Ingénieurs de Télégraphe et d'Electriciens, qui se tenait à Paris pendant l'Exposition Internationale d'Electricité, le 21 Septembre, 1881.

LA décision étant prise de tenir une Réunion Extraordinaire à Paris à l'époque de l'Exposition Internationale d'Electricité, j'ai cru devoir profiter de cette occasion favorable, au milieu d'un recueil si merveilleux d'appareils électriques sous le même toit, pour contempler la manière dont nous avons réalisé de si beaux résultats, ayant pour but l'instruction de tous ceux qui s'y intéressent. Je me suis donc proposé dans ce traité, nécessairement court, de passer en revue quelques-uns des événements les plus remarquables des premiers jours de la télégraphie électrique auxquels j'ai eu plus particulièrement affaire. Parmi les applications modernes de l'électricité, l'une des principales est son adaptation au télégraphe.

Aucun récit de la pratique du télégraphe électrique n'avait été publié avant l'époque du brevet d'invention de MM. Cook et Wheatstone au mois de juin 1837. Je parle de la pratique, car M. Ronalds publia en 1823 même, un exposé d'un télégraphe électrique original et méritoire ; mais comme il se proposa de se servir de l'électricité à la statique avec un fil de métal que renfermait un tuyau en verre, son télégraphe ne fut pas approprié à l'usage ordinaire.

Au mois de septembre 1837, MM. Cook et Wheatstone firent leur première expérience pratique au chemin de fer de Londres à Birmingham, et démontrèrent d'une manière frappante que le télégraphe aérien ou semaphore devrait céder à un rival plus formidable, ainsi qu'il à lui-même remplacé le fanal et le flambeau d'autrefois. Mais quelque incroyable qu'il semble aujourd'hui, la lutte fut longue et acharnée, et ce n'était qu'en 1852 que la dernière défaite arriva, du moins à l'égard de l'Angleterre, quand le Télégraphe électrique remplaça le semaphore dont on s'était servi pendant si longtemps entre Liverpool et Holyhead.

Le 12 juin 1837 MM. Cook et Wheatstone brevèrent " Certains amendements du système des signaux et des alarmes électriques en lieux éloignés, moyennant des courants électriques conduits à travers des circuits métalliques." Ce brevet comprenait l'instrument à cinq aiguilles qui demandait des fils de métal à cinq lignes ; un instrument à quatre aiguilles, sur le même principe et demandant aussi des fils à cinq lignes ; des moyens d'isoler et de soutenir les lignes de fil métallique en les couvrant de coton et de vernis, et en les plaçant dans un ciment collant en auges ou tuyaux ; et enfin des moyens d'y localiser des défauts.

Le 18 avril 1838, M. Cook prit un brevet au même titre que le premier et qui ne contenait point de matière additionnelle digne de remarque.

Le 21 janvier, 1840, MM. Wheatstone et Cook obtinrent un brevet, le titre duquel ressemblait aux deux déjà nommés. Ils y décrivent un appareil de signaux par lequel les lettres de l'alphabet se présentent à une ouverture dans un cadran moyennant un électro-aimant dans le circuit, qui agit sur les palettes d'un échappement que l'on met en mouvement à l'aide d'horlogerie indépendante ; une alarme électrique ; une machine magneto-électrique qu'il faut employer avec l'appareil décrit ci-dessus, etc.

Le 8 septembre, 1842, M. Cook obtint un brevet pour tirer, suspendre et isoler des fils de métal sur des colonnes placées à quelque distance les unes des autres de la manière si familière aujourd’hui, tant à travers le pays que parallèles aux chemins de fer. Ce brevet fait aussi observer que “les fils ainsi tirés, suspendus et isolés, pourraient s’employer pour la moitié du circuit conjointement avec la terre pour l’autre moitié.”

Le 6 mai, 1845, MM. Wheatstone et Cook se firent donner un brevet pour “des amendements dans les télégraphes électriques et dans ses appareils, dont une partie pourrait être appliquée à d’autres usages.” On se propose dans ce brevet, de faire *entendre* des signaux en même temps qu’on en fait *voir*, à l’aide d’une aiguille ou d’un index, chaque direction ou déviation de l’index produisant un son différent. Cela s’accomplissait en faisant frapper une sonnette par l’index, ou bien en employant le mécanisme d’alarme électrique. On y arrivait aussi en se servant du “courant dérivé,” qui est un branche-circuit ou ce que l’on appelle de nos jours en anglais “shunt,” enlevé au fil principal sans déranger sa continuité, pour faire communiquer les signaux qui traversent le fil principal, à un appareil sensitif de signaux. On trouve dans ce brevet onze amendements nouveaux qu’il n’est pas nécessaire de rechercher.

Le vrai inventeur du télégraphe électrique nous est aussi inconnu définitivement que l’inventeur de chemins de fer, ou de bâteaux à vapeur. Je nomme donc ces brevets tout simplement parce que la première Compagnie du télégraphe électrique en Angleterre fut formée peu de temps après la date du dernier, ayant pour but de les opérer au profit du public plus encore que ne l’avaient fait jusque là MM. Cook et Wheatstone, qui concentraient leur attention particulièrement à l’application du télégraphe aux besoins des Compagnies de chemins de fer comme accessoire aux systèmes ordinaires de signaux.

Quoiqu'on pût s'arrêter et observer maints faits intéressants survenus dans l'histoire du télégraphe électrique depuis son commencement en 1845 jusqu'à 1850, je crains que le temps ne nous manque. Passons donc à l'année 1850 et remarquons quels progrès ont été faits jusqu'à cette époque. En Angleterre la Compagnie du télégraphe électrique avait prolongé ses fils jusqu'à 2,275 milles anglais, et employait des instruments à une et à deux aiguilles, qui étaient une modification importante de l'instrument à cinq et à quatre aiguilles breveté par MM. Cook et Wheatstone en 1837. En Irlande on n'avait pas encore réalisé la valeur du télégraphe électrique, car, quoiqu'il y eût 500 milles de chemin de fer, il n'y avait pas 5 milles de fil télégraphique. Mais les Américains possédaient 12,000 milles de fil et employaient les instruments écrivants de Morse, de Bain et de House. Les seules raisons que je puisse assigner pour les progrès rapides qu'avaient faits les Américains, sont leurs bas prix et la rivalité; puisqu'il y avait non moins de vingt Compagnies différentes qui ne bornaient pas leurs lignes aux chemins de fer, mais les établissaient sur les grandes routes ou sur une propriété privée quand l'occasion l'exigeait. En Angleterre une seule Compagnie avait le monopole, et n'établissait ses fils que sur les chemins de fer; mais comme il y avait alors 5,447 milles de chemin de fer en opération, ses moyens d'extension n'étaient pas limités de ce côté-là. En France il n'y avait que 620 milles de fils, suspendus comme les fils anglais, les instruments employés étant ce qu'on appelait en anglais "revolving pointers" (aiguilles tournantes). Il y avait en Prusse 2,468 milles de fil, souterrains pour la plupart, et les instruments employés ressemblaient à ceux du gouvernement français.

En Amérique on se servait aussi à cette époque du télégraphe électrique dans les observations météorologiques, et un système d'avertissements de tempêtes

était commencé le long d'une grande partie de leur côté, semblable au système si familier aujourd'hui en Angleterre. On a dit que c'est de la curiosité tout simplement de prédire une éclipse, mais ce serait un bienfait inconcevable de prédire un orage imminent. Nous avons, il est vrai, une connaissance considérable de la nature de la chaleur, de l'eau, de l'atmosphère et de l'électricité, mais quand ces quatres propriétés de la nature, se réunissent, flottent autour de notre globe et produisent toutes ces agitations, toutes ces combinaisons variées connues sous le nom général de "temps," nous sommes embarrassés, et bien que la télégraphie électrique nous ait éclairés considérablement, il reste encore beaucoup à apprendre. Si les renseignements enregistrés journallement par de patients observateurs partout le monde civilisé étaient communiqués facilement et promptement à un même centre, de grands avancements dans notre connaissance météorologique en seraient probablement le résultat, et j'espère que le jour ne tardera pas à venir où un tel système sera un fait accompli.

Les progrès de la télégraphie électrique étant si satisfaisants, il devenait absolument nécessaire que l'Angleterre, centre du commerce du globe entier, ne restât plus dans la position isolée où elle se trouvait, mais qu'elle communiquât directement avec les autres nations par le télégraphe. Par conséquent, en 1850 une Compagnie se forma, après une concession obtenue du gouvernement français par M. Brett, pour se faire accorder le seul droit d'établir une communication télégraphique entre l'Angleterre et la France. M. Brett avait garanti qu'avec son instrument, qui était une modification de celui de M. House, un fil, et deux personnes seulement, l'une se tenant en France et l'autre en Angleterre, cent messages de quinze mots chacun, imprimés en caractères romains lisibles, seraient envoyés, prêts à distribuer, dans l'espace de cent minutes consécu-

tives. C'était une entreprise aventureuse de sa part, vu les opinions diverses sur la possibilité de parvenir jamais à déposer ou à exploiter une ligne sous-marine.

On se décida à couvrir de gutta percha, (matériel d'une importation récente dont les propriétés mécaniques et électriques commençaient à se développer), jusqu'à un demi-pouce (12.7 millimètres) de diamètre, 25 milles de fil de cuivre, 0.083 d'un pouce (2.1 millimètres) de diamètre. Le cuivre n'était pas détrempé et était couvert d'une simple couche de gutta percha en pièces de cent mètres chacune. Le cuivre était uni par ce que l'on appelle un joint de poseur de sonnettes, et puis garanti en outre de soudure. On y appliqua alors du gutta percha plastique que l'on pressa dans une forme en bois, le diamètre du joint complet étant de 2 pouces environ. Il va sans dire qu'on ne faisait pas alors l'épreuve de chaque joint séparément ; on ne regardait pas non plus les propriétés de résistance ou de conductivité spécifique du cuivre, ni la résistance, ni la capacité électrostatique du gutta percha. Les replis, joints en pièces commodes à porter, étaient plongés dans l'eau, sans température spécifique, et si l'on n'obtenait pas de déviation sérieuse sur un galvanomètre vertical, d'une sorte très-lente, de 24 piles de l'ancienne méthode de batteries à sable, on les prononçait bons et les joignait à la pièce qui était repliée sur une immense bobine en fer construite exprès pour tenir les 25 milles en une seule pièce. On posait cette caisse ou bobine par le travers sur le pont d'un remorqueur à vapeur.

Afin de placer le fil sur la bobine de la manière uniforme désirée, les inégalités, occasionnées par le grand nombre des jointures, furent bouchées de coton de rebut et quand cela semblait nécessaire, on posa de minces lattes longitudinalement tout le long de la bobine entre les couches de fil.

Avant la submersion du fil principal, les bouts du

câble qui appartenaient au rivage furent posés, l'un, depuis un wagon pour les chevaux qui allait servir de station dans la cour de la Compagnie de chemin de fer à Douvres, jusqu'à l'extrémité du plancher élevé pour le port neuf qu'on y construisait ; l'autre, à une distance considérable au delà des eaux basses, sur les rochers, jusqu'au phare du Cap Gris-Nez. Ces bouts se composaient d'un fil de cuivre 1.65 millimètre de diamètre, couvert de coton et d'une solution de caoutchouc, et enveloppé d'un tuyau de plomb très-épais.

Le 23 août, 1850, de bon matin, le remorqueur cingla du port de Douvres, vers le plancher où se trouvait le bout de fil. On y joignit alors l'extrémité du fil principal qu'on avait fait passer dans un bâteau, et la déposition commença dirigée par H.M.S. *Widgeon*. A chaque pièce, de 110 mètres de longueur, qui quittait le remorqueur, on attacha un poids de plomb pesant de 14 à 24 livres selon la profondeur de l'eau ou la nature du fond. On essaya d'abord de fixer les poids sans alléger ni la vitesse du remorqueur ni la sortie du fil ; mais comme chaque poids était partagé en deux et devait être posé sur le fil, et puis attaché par un marteau, frappant les deux clous de la partie inférieure qui sortait par des trous correspondants dans la partie supérieure, on découvrit bientôt que les deux ouvriers ainsi employés se donnaient des coups à eux plus souvent qu'à l'objet désiré, ce qui obligea les autorités d'arrêter le vaisseau pendant que chaque poids était attaché.

Il faisait le plus beau temps possible, et à l'exception de l'embarras occasionné de temps en temps par les lattes, qui se dégageaient partiellement de la caisse, tout alla bien, et à six heures du même soir on baissa l'ancre du remorqueur tout près de la plage inhospitalière du Cap Gris-Nez, à la même position que la bouée qui tenait le bout attaché au rivage français. On fit

passer alors le bout du fil principal dans la cabine où on le lia à l'instrument écrivant du télégraphe. Mais il devint bientôt évident que l'orthographe de l'expéditeur à Douvres était fautive, ou bien que l'instrument ne fonctionnait pas de la manière attendue. On reçut, il est vrai, des "caractères romains" très-distincts, mais il fallait beaucoup d'habileté pour les arranger en ordre lisible. Comme le soir s'avancait on n'avait pas le temps de faire beaucoup d'expériences sur le vaisseau ; on dut faire passer le fil principal dans un bateau où le bout qui restait au rivage, venait d'être attaché ; puis on fit l'épissure et la jeta à la mer en souhaitant sincèrement que la communication effectuée cette soirée-là entre l'Angleterre et la France servirait de réunir les deux nations plus étroitement dans l'amitié. Ensuite, tout le monde se débarqua et s'achemina vers le phare au haut du Cap, où un instrument à une aiguille se trouva en communication avec Douvres ; cependant, quoiqu'on passât plusieurs heures anxieuses à faire venir des signaux de Douvres, on n'y réussit pas.

Les épreuves du jour suivant échouèrent également, et alors il se trouva que la ligne s'était cassée, et comme on ne réussit pas à lever le fil dans le voisinage de l'épissure la ligne fut abandonnée. Si le fil principal avait été employé au lieu du bout lourd et couvert de plomb, je crois que l'on aurait obtenu de meilleurs résultats. Mais la critique ne peut s'exercer que par la lumière de l'expérience, qui ne serait pas tout à fait juste. Décernons plutôt l'honneur à ceux qui ont sacrifié leur argent, leur temps, et leur énergie à démontrer d'une manière pratique la possibilité de la télégraphie sous-marine.

Dès ce moment on ne s'occupait que de la meilleure méthode de protéger le fil et son isolateur pendant la déposition et après la submersion. Après un examen attentif il fut convenu (en 1851) qu'au lieu d'un fil

de la dimension employée dans la ligne expérimentale de l'année précédente, quatre fils de cuivre, 1.65 millimètres de diamètre, couverts séparément de deux couches de gutta percha jusqu'à 6.35 millimètres de diamètre, seraient tressés, bien protégés, et entourés de fils de fer épais déposés en hélice. Fils de chanvre goudronné furent placés dans les interstices des conducteurs tordus, et nommés en anglais, le "*worming*." Le tout était garni de pareils fils déposés à angles droits et nommés le "*serving*." Ces trois opérations s'accomplissaient tout à la fois par une seule machine, et le conducteur isolé, ainsi protégé, fut nommé le "*core*" (âme). Le tout passa alors dans une machine ordinaire pour tordre les cordages métalliques, où il fut enveloppé de dix fils de fer galvanisés, 0.63 millimètre de diamètre, et pendant qu'il sortait de la machine on le replia dans la cour de la fabrique. Les conducteurs de cuivre furent isolés par la Compagnie du Gutta Percha, et expédiés en pièces commodes à une petite fabrique de cordages métalliques en High Street, à Wapping, Londres, où ils furent tordus, etc., et couverts de fils de fer tels que nous l'avons décrit.

A cause d'un procès au sujet des droits de brevet, la manufacture du câble ne fut terminée que le 17 septembre, 1851. On se prépara immédiatement à replier le câble en une pièce sur le *Blazer*, ponton qu'avait prêté le gouvernement anglais. Le 24 sept. tout fut replié, et le *Blazer*, traîné par deux remorqueurs à vapeur, partit pour le South Foreland où, le jour suivant, un bout du câble fut débarqué et la déposition commencée sous la direction de H.M.S. *Fearless*. Le *Blazer* était halé par ses deux remorqueurs, un troisième y assistant. Il nous manque de temps pour énumérer les incidents animés qui survinrent ce jour-là sur le vaisseau.

A cause des retards fâcheux pendant la fabrication

du câble, la déposition dut être entreprise, afin de ménager la concession, à l'époque des brises de l'équinoxe et des plus hautes marées. Quoiqu'il fit beau au commencement, le temps changea bientôt, et avant midi il faisait un vent frais, et le *Blazer*, qui n'était qu'un vieux ponton, plongea impitoyablement. Les moyens employés pour retarder la sortie d'un câble aussi lourd n'étant pas suffisants, on en perdit une grande quantité pendant les deux arrêts, dont l'un était occasionné par une cessation absolue des signaux à terre, et l'autre par le cassage de la corde de hallage. Eventuellement l'expédition arriva près de Sangatte, le soir étant déjà avancé, sans pouvoir parvenir à la plage à cause du manque de câble. Une lutte aussi longue n'avait jamais eu lieu entre l'esprit et la matière jusqu'à ce jour mémorable, et il était à regretter que pour le moment la matière remporta la victoire. Mais, commandant tout de suite un morceau de câble qui pourrait arriver à la plage, on torda, en attendant, trois fils, les plaça sans protection, sur la terre, et les lia aux fils déjà déposés dans une salle de la gare de Calais. Ainsi s'établit le 30 septembre, 1851, une communication télégraphique entre l'Angleterre et la France.

Le 19 octobre le morceau de câble neuf remplaça les trois fils et le 13 novembre on l'employa pour la première fois à la transmission de messages publics. Malgré certaines interruptions il a fonctionné de cette manière jusqu'à ce jour.

Comme on avait démontré si heureusement la possibilité de la télégraphie sous-marine, il était à supposer qu'on ne tarderait pas à suggérer de nombreux projets pour son développement. Mais, malheureusement, plusieurs échouèrent par la précipitation et le dédain des précautions ordinaires. Au mois de juin de l'année suivante, par exemple, on essaya de relier l'Angleterre et l'Irlande par une ligne depuis Holyhead jusqu'à

Howth. Dans ce cas un fil de cuivre, enveloppé de gutta percha semblable aux fils du câble de Douvres à Calais, fut couvert de fil de fer No. 8 (4·2 millimètres), pour les bouts de rivage, puis de douze fils de fer No. 14 (2·1 millimètres), pour quelques milles, mais la plupart du conducteur isolé n'était qu'en partie couverte, d'après un cage d'oiseau, de six fils de fer galvanisés No. 14. Par conséquent, le conducteur isolé n'ayant point d'enveloppe de chanvre, le gutta percha se trouva bien exposé. Le câble achevé, on le replia sur des wagons de chemin de fer et l'amena à Whitehaven ; mais comme le bâteau à vapeur qui devait le recevoir ne pouvait entrer au port il fallait l'expédier à Maryport où on le replia sur un autre bâteau et le porta à Holyhead. On y en fit la première épreuve électrique et le trouva fautif. On ne l'avait jamais immersé, et il se trouva par conséquent tout à fait sec à la cale du bâteau. Il n'était donc possible de découvrir que les fautes les plus sérieuses, travail bien long et ennuyeux. Si on l'avait immersé, on aurait découvert son état imparfait et renvoyé sa déposition. On essaya vainement de réparer cette ligne après la déposition. La force nécessaire pour la relever réunissait les fils de fer, et coupait le gutta percha en tirant le conducteur isolé du centre.

Un peu plus tard un essai se fit pour déposer, depuis Portpatrick jusqu'à Donaghadee, une corde de chanvre à trois torons, environ deux pouces de diamètre, dont les interstices furent bouchés d'un fil de cuivre que l'on avait d'abord couvert de caoutchouc puis de gutta percha. Mais à cause des moyens insuffisants dont on se servait pour enfoncer une telle corde, les courants forts l'emportèrent loin de la course proposée, et enfin l'expédition fut abandonnée.

Plus tard encore on fit un nouvel effort, entre les mêmes points, avec un câble semblable à celui déposé l'année précédente à travers la Manche, mais le temps

était si mauvais et les moyens si insuffisants pour arrêter ou même retarder la sortie d'un câble aussi lourd, que la pièce fournie prouva trop courte et cette nouvelle expédition échoua. Ainsi on perdit trois câbles en essayant de relier l'Angleterre et l'Irlande par le télégraphe électrique ; mais l'année suivante on déposa avec succès un lourd câble multiple depuis Portpatrick jusqu'à Donaghadee. Quatre câbles légers furent déposés cette même année entre l'Angleterre et la Hollande, et un autre, lourd et multiple entre Douvres et Ostende.

L'année 1853 fut aussi remarquable pour le grand nombre de fils souterrains déposés en Angleterre par plusieurs Compagnies télégraphiques qui s'y trouvaient alors ; mais comme j'en ai donné quelques détails dans mon essai sur les "Fils souterrains" que j'ai lu devant les membres de cette Société le 28 mars, 1877, et qui était publié dans le sixième journal des procédés de cette Société, il n'est pas nécessaire que nous revenions sur nos pas.

De 1851 à 1856, on était parvenu à déposer, non-seulement en Angleterre, mais à d'autres endroits, quelque 1600 milles de câble, et on se croyait assez expérimenté pour amener à une fin heureuse le projet si longtemps cherri de déposer un câble entre l'Irlande et Newfoundland, et ainsi relier l'Amérique et l'Angleterre par la télégraphie. On avait sondé, et découvert certains rochers escarpés ; il se trouva toutefois un plateau ou sentier uni entre les deux îles, comme si la nature, devançant les besoins de l'homme, avait apprêté un lieu de repos pour les câbles télégraphiques où, bien placés, ils demeuraient paisiblement ; et le limon qui, disait-on, descendait continuellement dans l'eau, comme la neige dans l'atmosphère, couvrirait et protègerait le câble à jamais.

On fit des expériences avec quelques fils sous-marins et souterrains, et les résultats encourageants firent

espérer aux autorités d'obtenir une vitesse rémunératoire par un câble transatlantique, d'une longueur de 2000 milles, en se servant d'un conducteur comparativement petit. On mit à l'épreuve les propriétés mécaniques de différents spécimens de câbles, et enfin on en choisit un dont le conducteur se composait d'une tresse de fil de cuivre pesant 107 livres (environ 50 kilos.) par mille nautique, couvert trois fois de gutta percha pesant 261 livres (environ 120 kilos.) par mille, le diamètre extérieur étant 9.5 millimètres.

On posa en hélice autour du gutta percha des fils de chanvre saturés d'une composition de goudron, de poix, et de suif, sur lesquels on posa aussi en hélice dix-huit tresses en fer dont chacune se composait de sept fils du même diamètre que ceux du conducteur. Le câble pesa 20 quintaux par mille nautique dans l'air, et 13.4 quintaux dans l'eau, sa force à rompre étant de 65 quintaux environ.

Le dernier choix de ce câble, ne se fit que vers la fin de 1856, et comme il fut convenu que l'on embarquât 2500 milles, prêts à déposer, au mois de juin de l'année suivante, il ne restait que six mois pour accomplir la tâche. Dans cet espace de temps il fallait apprêter 116 tons de cuivre, les tirer en 17,500 milles de fil, et puis tordre le fil en 2500 milles de tresse; 250 tons de gutta percha devaient être fabriqués et placés autour du conducteur en trois couches différentes; 1687 tons de fer devaient être aussi apprêtés spécialement et tirés en 315,000 milles de fil dont il fallait tordre 45,000 milles de tresse que l'on plaçait autour du conducteur. Ajoutons à tout cela le besoin de choisir et d'armer des vaisseaux pour recevoir le câble, de construire des machines à fabriquer et à déposer, et nous ne nous étonnerons pas que ce temps fût entièrement insuffisant pour exécuter d'une manière convenable une œuvre aussi importante.

Pendant la fabrication, les pièces du conducteur isolé, d'une longueur de 1600 à 2400 mètres, furent plongées dans l'eau sans température déterminée, et on éprouva leur isolation moyennant 504 piles de l'ancienne forme de batteries à sable et un galvanomètre horizontal. Si les déviations des replis de chaque fournée se trouvaient égales, on certifia leur bon état électrique et ils étaient roulés sur une bobine pour les expédier à la fabrique de câbles.

Bientôt après le commencement de la fabrication du câble les défauts du cuivre, occasionnés par la trempe peu propre, etc., amenèrent la solution de continuité dans le conducteur. Malheureusement la fabrication de plusieurs centaines de milles du conducteur isolé se fit avant la préparation des machines pour y appliquer la garniture et les tresses en fer. Le décret fatal fut alors publié que l'on soumettrait tout le conducteur en magasin à une force extensible pendant qu'il passait sur un baril de peu de diamètre afin de développer, si possible, les défauts du conducteur avant de le faire entrer à la machine dont on se servait pour garnir le fil. Or, lorsqu'un fil ou tresse de cuivre, couvert de gutta percha, s'étend, le métal s'allonge et tient le matériel élastique dans cette position jusqu'à ce qu'une occasion favorable survienne pour que le gutta percha puisse retourner à son état normal, ainsi déformant le fil. Malheureusement, bientôt après, une telle occasion se présenta. Le câble fabriqué ne fut pas replié en réservoirs où on pourrait le garder sous l'eau, mais où il devint exposé aux rayons puissants du soleil. Par conséquent le gutta percha devint plastique à certains endroits, et le conducteur repoussé, communiqua directement avec la garniture de chanvre qui, étant sec, joua le rôle d'isulateur et ainsi empêcha la découverte des défauts jusqu'à ce que le câble se plaçât dans l'eau. C'était à regretter que la fabrication du câble était trop avancée pour que l'on

pût profiter de la découverte de Sir William Thomson des grandes variétés de conductivité qui se trouvaient dans le cuivre commercial, surtout en cette espèce que l'on employait alors pour le conducteur du câble transatlantique. On a réalisé, depuis, toute l'importance de cette découverte, non-seulement en toutes les branches de la science électrique, mais aussi en faisant obtenir un cuivre pur pour quelque objet que ce soit. Tout le monde sait aujourd'hui que le cuivre qui a le plus de conductivité électrique est le plus pur.

Ce n'était que le 5 août que l'on débarqua, à Valentia, un bout du câble et en commença la déposition ; mais des difficultés s'élèvèrent bientôt après le départ et lorsqu'on en avait déposé 335 milles, le câble se cassa juste à l'arrière de la machine sur le vaisseau employé pour le filer, et l'expédition fut abandonnée pour cette année. On replia le reste du câble dans l'arsenal de port à Plymouth, où il fut inspecté mais non immergé, puis passé dans un mélange chaud employé pour isoler, et enfin, épissé à 700 milles de câble neuf ce qui fixa la longueur totale à 3000 milles.

Au mois de juin suivant le câble étant replié, la moitié sur le *Niagara*, l'autre sur l'*Agamemnon*, diverses expériences se firent dans la Baie de Biscay, dont les résultats favorisèrent la proposition d'épisser le câble au milieu de l'océan et de le faire filer des deux vaisseaux à la fois, l'un vers l'Irlande et l'autre vers Newfoundland. Le 26 juin on fit l'épissure au milieu de l'Atlantique, mais après avoir filé trois milles de chaque vaisseau le câble se cassa à l'arrière du *Niagara*. Les vaisseaux retournèrent tout de suite à leurs anciennes positions, épissèrent de nouveau et repartirent ; mais lorsque une quarantaine de milles avait été déposés, tout d'un coup les signaux s'arrêtèrent, et les directeurs de chaque vaisseau ne sachant ce qui était arrivé à l'autre, (incident qui montre le désavantage de cette méthode

de déposition) retournèrent au point où ils avaient fait l'épissure, et en se rencontrant, demandèrent anxieusement, "Comment il se passa que le câble fut cassé ?" La cause de cette rupture était enveloppée de mystère. Tout allait bien sur les deux vaisseaux quand la continuité s'arrêta. On épissa de nouveau le câble et en déposa quelque 200 milles lorsqu'il se cassa à l'arrière de *l'Agamemnon*, et les vaisseaux revinrent en Irlande.

Le 29 juillet ils se retrouvèrent au milieu de l'océan et les directeurs y épissèrent, encore une fois, le câble ; mais ils n'en avaient pas beaucoup filé lorsque le bruit courut que la continuité s'était rompue. Malgré cette nouvelle effrayante on continua à filer lentement des deux vaisseaux, et au bout de deux heures d'attente pénible les signaux reparurent aussi mystérieusement qu'ils étaient disparus. De pareils incidents se répétèrent souvent, mais il n'y avait pas de rupture, et le 5 août chaque vaisseau acheva sa tâche, le *Niagara* ayant déposé 1030, et *l'Agamemnon* 1020 milles nautiques. Le câble fut déposé, mais sa condition électrique était déplorable, car il ne fallait rien moins qu'une force gigantesque pour produire l'ombre spasmodique des signaux désirés ; et au bout de 24 jours on ne pouvait plus obtenir même ces résultats-là, le projet tout entier ayant échoué. C'était un échec d'un côté, mais on ne devrait pas oublier que beaucoup d'expérience précieuse était acquise et que le problème au sujet de la possibilité de déposer un câble transatlantique était résolu.

Afin d'obtenir une adhésion parfaite, on avait mis jusqu'à cette époque entre chaque couche de gutta percha de la naphte minérale, qui était un dissolvant fort de gutta percha, et qui éventuellement produisait des effets nuisibles. Je commençai donc à faire des expériences en vue de découvrir un composé adhésif qui ne nuirait nullement au gutta percha, et je trouvai bientôt

qu'une certaine quantité de goudron de Stockholm, de résine, et de gutta percha produirait l'effet désiré. Non-seulement ce composé possérait-il de bonnes qualités adhésives, mais il était aussi bon isolateur, et en l'appliquant à chaque couche alterne de gutta percha, il améliorait l'isolation de triple. Ce composé s'est montré et se montre encore très-utile, et on connaît si bien ses qualités que je n'ai pas besoin d'en parler davantage.

Vers cette même époque, il était sujet de surprise et de regret que le gouvernement anglais se fût prêté à un projet aussi gigantesque que celui de déposer un câble de l'Egypte à l'Inde, alors que le sort du câble transatlantique balançait encore. Si l'on avait attendu le résultat de cette expédition-là, peut-être aurait-on évité l'échec lamentable qui s'ensuivit. Le câble de la Compagnie télégraphique de la Mer Rouge et de l'Inde se composa d'un conducteur isolé contenant une tresse à sept fils de cuivre, pesant 180 livres, recouverte deux fois de gutta percha de 212 livres par mille anglais, garni de chanvre goudronné et protégé extérieurement de 18 fils de fer. Le poids en gros par mille nautique était de 21 quintaux. On le déposa en six sections depuis Suez jusqu'à Kurra-chee. Donner l'histoire de la fabrication, de la déposition, et enfin de l'échec dans l'exploitation de ce câble serait répéter, avec des additions peu satisfaisantes ce que l'on a déjà dit au sujet du câble transatlantique. Le fournisseur fabriqua et déposa les 4000 milles dans le court espace de quinze mois, et pendant ce temps il déposait aussi dans le Levant des câbles garnis de chanvre, dont quelque 800 milles se perdirent.

Ces échecs sérieux, comprenant la perte d'environ 8000 milles de câble en si peu de temps, amenèrent naturellement une investigation complète de toute l'affaire. Un comité fut donc nommé en partie par les Lords du Conseil privé de Commerce, et en partie par la Compagnie du télégraphe transatlantique pour faire

une enquête sur la construction de câbles sous-marins, et je crois que les efforts laborieux de ce comité-là contribuèrent beaucoup au succès définitif de la télégraphie sous-marine.

Au mois de juin, 1859, le gouvernement anglais ordonna qu'on déposât 1200 milles de câble entre Falmouth et Gibraltar. Des ingénieurs et des électriciens furent chargés de surveiller la fabrication de ce câble. Le conducteur isolé se composa de poids égaux de tresse de cuivre à sept fils, recouverte trois fois de gutta percha et de composé, pesant tout ensemble 800 livres par mille anglais. Le chanvre goudronné et les fils de fer le couvrirent de la manière ordinaire. On employa des instruments pour mesurer les qualités électriques du cuivre et du gutta percha à une température uniforme, et on en nota les résultats en unités électriques ; c'est-à-dire, on nota la résistance spécifique du cuivre et du gutta percha de manière que la mesure fût comparable aux résultats obtenus pendant la fabrication et après la submersion. On soumit le conducteur isolé en pièces commodes à une pression de 600 livres par pouce-carré, et on trouva invariablement que la résistance du gutta percha, ainsi placé, s'augmentait. Le gutta percha sur un des replis ayant été percé, par accident, jusqu'au conducteur, on trouva, en le plaçant dans le presseur, que l'eau s'était efforcée le long de la tresse et sortait par les bouts que l'on avait fait passer en serre-étoupes pour en faire l'épreuve. Pour éviter un tel accident à l'avenir, je plaçai le fil du centre de la tresse dans le composé avant de poser les six autres autour. Cela produisit l'effet désiré, car l'eau, à une pression de 1000 livres par pouce-carré, ne pourrait s'efforcer à travers six pouces de conducteur isolé contenant une tresse ainsi construite.

En fabriquant ce câble on le replia en réservoirs ; mais les vaisseaux chargés de le déposer ne posséderent

pas de réservoirs. Par conséquent peu de temps après l'embarquement de la première section, on découvrit une augmentation de la résistance du conducteur dénotant une augmentation de la température du câble, venant de la fermentation occasionnée soit par la garniture de chanvre soit par l'oxydation du fer. Par des mesures thermo-électriques, la température variait de 27 à 16 degrès centigrade en différents endroits du même repli, tandis que la température extrême restait à 15 degrès. On craignit que la haute température n'eût gâté le gutta percha, mais une pièce du conducteur isolé prise de la partie la plus chaude, ne montra aucun signe de détérioration.

A cause du retard des vaisseaux la saison était trop avancée pour déposer le câble à l'endroit fixé. On se décida donc à le déposer entre Rangoon et Singapore, mais le vaisseau qui en portait la première portion fit naufrage dans la Manche et éventuellement on le déposa en trois sections entre Malte et Alexandrie. Mais l'eau basse dans laquelle se trouvèrent certaines parties du câble et la légèreté de sa construction le détraquèrent souvent, et il dut céder en 1868 à un câble que l'on déposa directement de Malte à Alexandrie.

Au mois de décembre, 1860, je fis remarquer que les dommages faits au conducteur isolé d'un câble par accident ou autrement, se cachaient souvent par les propriétés d'isolation de la garniture goudronnée, et qu'ils resteraient cachés selon la nature du défaut et la quantité de goudron qui s'y trouvait—fait qui explique l'isolation fautive de tant de câbles après être déposés en ce qui paraissait une condition parfaite. Je conseillai donc que le fluide préservatif duquel on saturait le chanvre, fût un fluide conducteur au lieu d'un fluide isolateur, qu'on gardât le conducteur isolé toujours dans l'eau, et qu'on le fit passer directement de l'eau à la machine employée pour le couvrir de fer, où la garniture

serait resserrée et le fluide forcé dans les défauts du gutta percha en les développant tout de suite. On adopta volontiers cette suggestion qui prouva bientôt efficace. Depuis lors la garniture goudronnée a été l'exception et non la règle.

Le premier câble de Malte à Alexandrie étant terminé, le gouvernement anglais ordonna que l'on en déposât dans le Golfe persique, mais avant de décider la forme de câble, on fit de nombreuses expériences plus particulièrement sur les propriétés électriques et mécaniques de certaines conducteurs isolés qui se composaient de gutta percha ou de caoutchouc, pur et simple, ou bien mélangés avec d'autres substances. Enfin on en choisit un qui devait se composer d'un fil de cuivre segmentaire pesant 225 livres par mille nautique, et qui était isolé de quatre couches de gutta percha, pesant, avec le composé déjà mentionné, que l'on devait appliquer de la manière ordinaire, 275 livres par mille. Une tresse et un fil solide du même cuivre et de poids égaux, aux mêmes conditions, conduisent l'électricité d'une manière tout à fait pareille, mais quant à l'induction latérale, il y a quelques désavantages en employant une tresse. On se proposa donc un fil segmentaire afin d'obtenir les avantages mécaniques de la tresse, et les avantages électriques d'un solide. On construisit ce conducteur de quatre fils de cuivre dont chacun formait le segment d'un cercle, tiré dans un tuyau de cuivre; mais les difficultés mécaniques d'une fabrication parfaite devinrent si grandes, qu'on l'abandonna pour un fil solide avant la terminaison du câble. Les qualités électriques du conducteur isolé placé sous une pression de vingt atmosphères par pouce-carré furent mises à l'épreuve, en pièces commodes, à une température uniforme, de 24 degrés centigrade, et la résistance électrique du gutta percha s'augmentait environ 40% à ces conditions, en retournant à sa résistance normale lorsqu'on éloigna la

pression. On appliqua, pour la première fois, à l'épreuve des jointures de ce conducteur la méthode d'accumulation si bien connue aujourd'hui.

On satura la garniture d'eau à tanner au lieu de goudron, suif, etc., que l'on avait employés jusqu'ici, et le conducteur garni fut replié en réservoirs. On couvrit alors de deux enveloppes de chanvre, enroulées en sens contraires, douze fils de fer du diamètre demandé pour envelopper la garniture, et les plaça en hélice. On y appliqua avec chaque couche de chanvre, un composé chaud et bitumineux fait de goudron de Stockholm, de silice broyée, et de poix. On fit passer le tout dans un puissant cylindre resserré et cannelé, et cela y donna une surface unie et noire. Après la fabrication on le replia en réservoirs étanches, et aux mêmes conditions, on transporta les 1450 milles nautiques en quatre vaisseaux, et les déposa en quatre sections entre Kurrachee et Faa, les stations intermédiaires étant Guadir, Mussendom, et Bushire. Les résultats satisfaisants après la terminaison de ce câble compensèrent certainement toute l'attention et tout le soin que l'on avait consacrés au choix, à la fabrication, et à la déposition.

Pendant la fabrication et la déposition du câble dont nous venons de parler, on essayait deux fois de déposer, dans la Méditerranée, des câbles d'une construction particulière. On avait prouvé par une série d'expériences bien dirigées, que, si l'on plaçait le chanvre autour d'un fil de fer ou d'acier à un certain angle et en certaines proportions, la force à rompre des deux dépasserait la somme de leurs forces individuelles. Un conducteur ordinaire de cuivre et de gutta percha fut donc entouré de fils, couverts de chanvre, que l'on allait déposer entre Toulon et Algiers, mais à cause de l'élasticité du câble et l'état incomplet des arrangements pour filer, le câble se cassa pendant la déposition. Afin de fabriquer un câble neuf propre à remplacer la partie perdue, il fallait

une année pour terminer l'entreprise. On fit une autre expérience avec 130 milles de conducteur isolé ordinaire, couvert de fils de chanvre saturés d'un fluide conducteur mis à une tension uniforme par un léger tordage, et puis recouvert d'une enveloppe continue, tubulaire et métallique, que l'on y appliqua en tordant un ruban de cuivre en hélice, de telle manière que le bord de chaque contournement recouvrit celui du précédent. On replia la pièce entière autour d'un cône sur un disque tournant, fixé dans la cale d'un bateau à vapeur. On essaya de la submerger entre Oran et Carthagène, mais sa construction se trouva mal-appropriée à un tel dessein, ainsi que les arrangements du disque tournant, et l'expédition fut abandonnée après avoir perdu la moitié du câble.

Malgré ces échecs on avait assez fait avec succès pour justifier un autre effort de réunir Newfoundland et l'Irlande. Pendant les cinq années qui s'étaient écoulées depuis la dernière expédition, de grands amendements s'étaient accomplis en toutes les branches de la télégraphie sous-marine. On se décida donc à fabriquer 2300 milles de câble composé d'un conducteur contenant une tresse à sept fils de cuivre pesant 300 livres par mille, recouverte de quatre couches de gutta percha, et quatre du composé, appliquées alternativement à un diamètre de 11.8 millimètres et pesant 400 livres par mille. La garniture consista en chanvre ordinaire saturé d'une liqueur à tanner. La protection extérieure se composa de dix fils de fer solides chacun entouré séparément de chanvre de Manille, et recouvert d'un composé préservatif de goudron, caoutchouc, et poix. On replia tout le câble en trois réservoirs distincts, sur ce bâtiment si merveilleux de Brunel, le *Great Eastern*, et l'expédition partit dans l'été de 1865. On croyait assurément que le succès récompenserait les soins extraordinaires, dispensés jusqu'aux plus petits détails sur tout ce qui se rapportait à ce câble ; mais, pendant qu'on le fabriquait, le repliait

sur le vaisseau, et le déposait, des défauts se découvrirent dans l'isolation qui suggérèrent la pensée horrible que quelque scélérat avait nui à l'ouvrage. Il semblait qu'on avait forcé un instrument grossier entre les fils de la couche extérieure à travers le gutta percha jusqu'au cuivre, en le retirant ensuite. Un de ces défauts survint quand on avait déposé 79 milles, et il fallait ramasser dix milles pour le corriger. Un autre défaut de la même nature se développa après la submersion de 750 milles, et on ramassa trois milles d'une profondeur de 2050 toises pour le corriger. Un autre défaut apparut en 2200 toises, après la déposition heureuse de 1214 milles, mais on ne trouva pas celui-ci, car, après avoir ramassé trois milles, le câble se cassa, et le bout qui était dans la mer fut perdu. On essaya vainement de le recouvrer et puis l'expédition retourna, la saison étant trop avancée pour faire d'autres efforts.

On était d'avis qu'il n'y aurait eu aucune difficulté en déposant le câble avec succès si ces défauts mystérieux n'étaient pas survenus. On se décida donc à fabriquer 1600 milles de câble neuf, et à essayer l'année suivante, 1866, encore une fois de relier Valentia et Newfoundland. On pensait qu'alors on pourrait ramasser le bout perdu du câble de l'année précédente afin d'en terminer la déposition. Il y avait quelque différence entre le câble neuf (1600 milles de longueur) et le précédent. On n'employa point de composé dans les fils de fer ni dans leur garniture de chanvre ; ils furent galvanisés et devinrent plus flexibles.

On ne soumit pas le conducteur isolé de ces câbles à la pression pendant les épreuves électriques, car la pression n'avait jamais développé les défauts ; mais les expériences actuelles prouvèrent que les défauts, dont on s'apercevrait sous une pression d'une atmosphère, se cacherait plus ou moins selon la quantité de pression appliquée.

Nous avons calculé les résultats d'une expérience avec un repli fautif dans le tableau suivant, où on verra plus facilement la proportion dans laquelle la résistance augmentait avec une augmentation de pression :—

1 atmosphère	=	49 megohms par mille.		
17.5	„	=	51	„
35	„	=	53	„
52.5	„	=	54	„
70	„	=	55	„
87.5	„	=	57	„
105	„	=	58	„
122.5	„	=	58	„
140	„	=	63	„
157.5	„	=	64	„
175	„	=	90	„
183.5	„	=	115	„

Lorsqu'on avait ôté la pression, la résistance s'augmenta subitement jusqu'à 178, puis diminua graduellement. Au bout de dix-sept heures, elle avait regagné sa condition normale, c'est-à-dire, 49 megohms. Si l'on ôte peu à peu la pression, c'est intéressant à remarquer l'augmentation graduelle de la résistance jusqu'à ce que la pression soit tout à fait enlevée, quand la résistance commence à diminuer. Mais, comme nous l'avons déjà dit, si l'on ôte subitement la pression, la résistance s'augmente de même.

La dureté du fil de fer employé au câble de 1865, son composé adhésif, et le temps pendant lequel on l'avait gardé replié aux réservoirs sur le *Great Eastern*—tout cela occasionna des scènes animées pendant la submersion, résultant des couches du câble dans le réservoir qui se collaient et devenaient emmêlées, produisant ce qu'on appelle en anglais “foul flakes.” Outre cela, tout ce qui se rapportait à cette œuvre fit des progrès aussi favorables que possible, et au bout de quatorze jours et nuits de soucis, tous les employés eurent

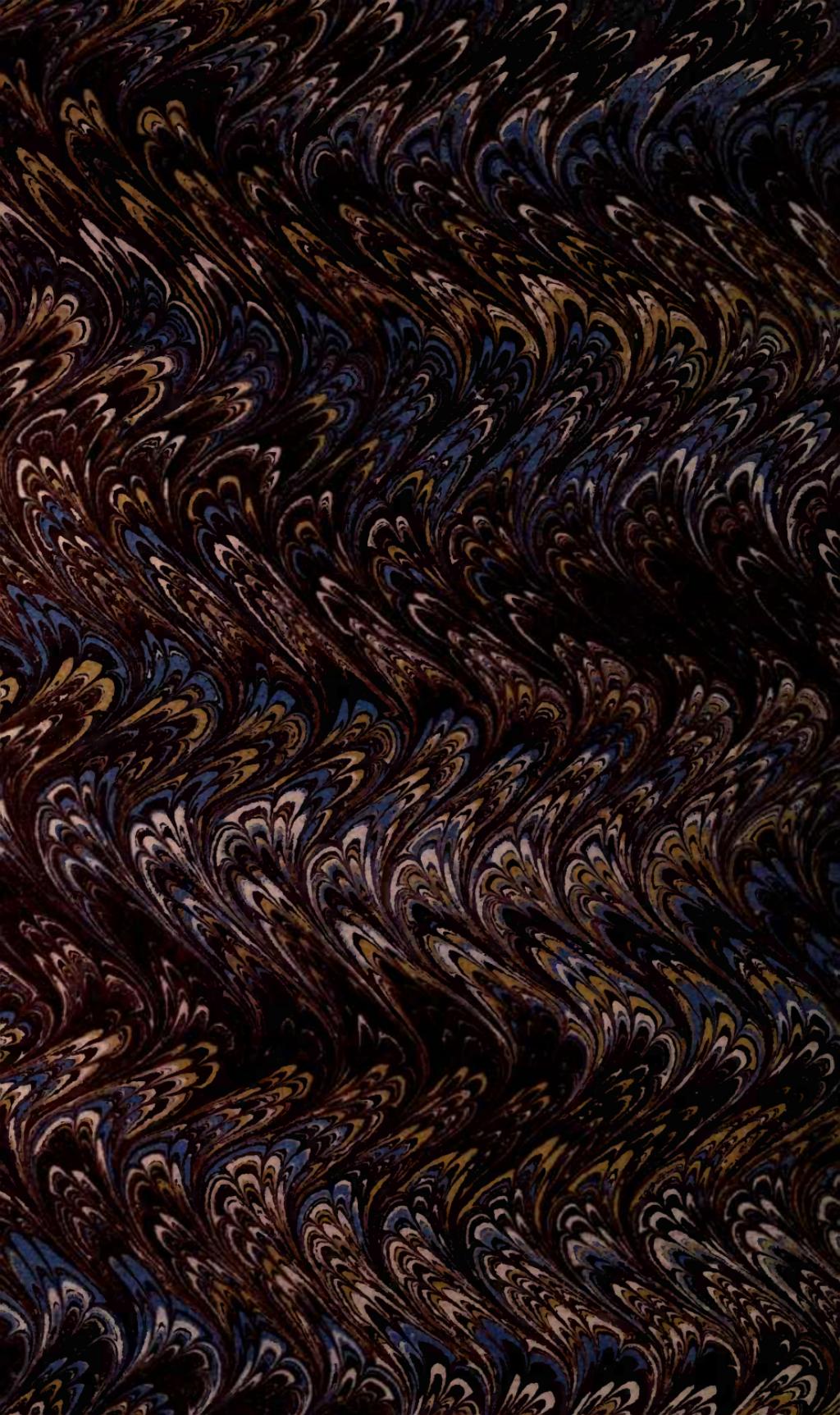
la satisfaction de voir leurs efforts couronnés de succès. Après quelques préparatifs nécessaires, l'expédition partit pour recouvrer le bout perdu du câble de 1865, et le trouva à la suite d'une lutte avec les éléments qui dura vingt jours et nuits. Ayant parlé avec Valentia afin de constater la perfection de l'état électrique de la pièce, on y épissa le bout du câble qui était sur le vaisseau, et on commença à filer vers Newfoundland. Tout allait bien, quand à 6 heures du matin, peu de temps avant la fin de la déposition, pendant qu'on recevait de Valentia un résumé des nouvelles du *Times* de ce jour, tout à coup un défaut d'isolation se découvrit. On le trouva bientôt sur le vaisseau ; on coupa et épissa de nouveau le câble, et, à l'honneur de tous les ouvriers, en moins de deux heures, ils avaient corrigé le défaut et recommencé de filer.

Vers les cinq heures de la même journée, on termina avec succès la déposition de ce câble. C'était par la bonne fortune qu'on avait découvert le défaut avant de sortir le câble du vaisseau, car après un examen attentif, on trouva que le bout d'un fil cassé du repli supérieur était courbé à angles droits, et était entré au repli inférieur. Un des ouvriers avait marché sur le câble, et le poids de ses pieds força le fer à travers le gutta percha jusqu'au cuivre. Comme ce défaut ressembla exactement à celui de l'année précédente et se découvrit dans le même câble, on supposa avec justice que tous les deux arrivèrent d'une manière pareille, et non avec malveillance.

J'ai donné les détails du système que j'ai employé pour éprouver et exploiter ces câbles pendant la déposition et après la submersion, dans l'essai lu à la réunion de cette Société le 13 février, 1879, et publié dans le journal de nos procédés ; donc, je n'en ferai plus mention. La déposition du câble de 1866, le recouvrement et la terminaison de celui de 1865, ont couronné

l'œuvre de la télégraphie sous-marine, et donné à cette branche de notre science une force impulsive sans bornes jusqu'à ce que tous les pays civilisés fussent reliés par le télégraphe, comme une seule nation. A présent il y a en opération non moins de 70,000 milles de câbles télégraphiques sous-marins. L'expérience de trente-trois années nous a appris qu'une longue exploitation ou submersion ne fait détériorer ni les qualités électriques ou mécaniques du gutta percha ni ceux du cuivre; et aussi que les fils de fer, bien protégés de l'oxydation, gardent toutes leurs qualités primitives; par conséquent la meilleure forme d'un câble télégraphique sous-marin sera celle qui embrassera ces conditions.

Les progrès que l'on a fait dans la perfection de tous les instruments et appareils employés à la télégraphie électrique se montrent si bien dans l'Exposition qui nous a réunis en ce lieu que je n'ai pas besoin d'y faire allusion. Bien que j'aie empiété quelque peu sur votre temps, vous me permettrez en terminant, de reconnaître la bonté universelle dont on m'a comblé dans ce pays toutes les fois que je l'ai visité, soit pour les affaires, soit pour le plaisir. Ma première visite eut pour destination le Cap Gris-Nez, lors de la terminaison de la ligne expérimentale en 1850, après une journée animée de travail, et dix-huit heures de jeûne. J'ai encore un vif souvenir de la bonté du gardien du phare, qui a non-seulement partagé avec moi son repas frugal, mais qui s'est occupé de tous mes besoins personnels.



UC SOUTHERN REGIONAL LIBRARY FACILITY



A 000 093 476 0

